

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(8)

(11)Publication number : 08-120470

(43)Date of publication of application : 14.05.1996

(51)Int.Cl.

C23F 4/00  
B24B 1/00

(21)Application number : 06-262910

(71)Applicant : RES DEV CORP OF JAPAN  
ADACHI SHIN SANGYO KK

(22)Date of filing : 26.10.1994

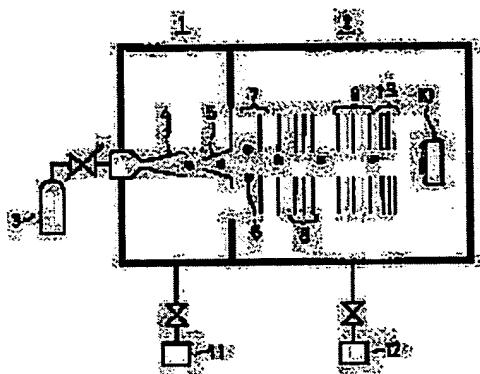
(72)Inventor : ADACHI NAOSUKE  
YAMADA AKIRA

## (54) ULTRAPRECISION GRINDING BY GAS CLUSTER ION BEAM

### (57)Abstract:

PURPOSE: To execute extremely high ultraprecision grinding by irradiating the surface of several kinds of solid with a gas cluster ion beam.

CONSTITUTION: Gaseous CO<sub>2</sub> fed from a gas cylinder 3 is jetted from a nozzle 4 in a source chamber 1 at a supersonic speed and is adiabatically expanded to form gas clusters. The gaseous CO<sub>2</sub> clusters pass through a skimmer 5, are fed to an ionized part 7 with the beam shape regulated and are ionized by the collision of electrons by filaments 6. After the clusters are accelerated by electrical fields in accelerating parts 8, the dimension of the clusters is sorted in a decelerated electrical field 9, furthermore, they are accelerated in accelerating parts 13 and are applied to the surface of the material 10 to be worked impressed with high voltage, thus ultraprecision grinding is executed to the smooth surface having extremely small surface roughness. In this case, the ultraprecision grinding can be executed, e.g. to the surface with a spherical or aspherical shape of dies for spectacle lens made of plastics or glass as the product 10 to be worked.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3451140

[Date of registration] 11.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-120470

(43)公開日 平成8年(1996)5月14日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
C 23 F 4/00  
B 24 B 1/00識別記号 庁内整理番号  
A 9352-4K  
Z

F I

技術表示箇所

## 審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全5頁)

(21)出願番号 特願平6-262910

(22)出願日 平成6年(1994)10月26日

(71)出願人 390014535  
新技術事業団  
埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71)出願人 390000631  
安達新産業株式会社  
大阪府大阪市生野区舍利寺1丁目8番9号

(72)発明者 安達 直祐  
大阪府豊中市緑丘2丁目10番18号

(72)発明者 山田 公  
兵庫県姫路市新在家本町6丁目11-9

(74)代理人 弁理士 西澤 利夫

(54)【発明の名称】ガスクラスターイオンビームによる

超精密研磨加工方法

## (57)【要約】

【構成】ガスクラスターイオンビームを照射して固体表面を超精密研磨する。

【効果】ガスクラスターイオンを用いるため、原子レベルでの超精密研磨が可能で、イオンの持つエネルギーが通常のイオンエッティングと異なり低いため低損傷での研磨が可能となる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ガスクラスターイオンビームを照射して固体表面を研磨することを特徴とする超精密研磨加工方法。

【請求項2】ガスクラスターイオンビームを使用して、プラスチックまたはガラスモールド用の金型表面を研磨する請求項1の超精密研磨加工方法。

【請求項3】ガスクラスターイオンビームを使用して、プラスチックまたはガラス製メガネレンズキャスト用の金型表面を研磨する請求項2の超精密研磨加工方法。

【請求項4】全部または一部がセラミックからなる金型表面を研磨する請求項2または3のいずれかの超精密研磨加工方法。

【請求項5】球面形状または非球面形状を有する金型表面を研磨する請求項2ないし4のいずれかの超精密研磨加工方法。

【請求項6】光学用ミラー表面を研磨する請求項1の超精密研磨加工方法。

【請求項7】金属ガラスまたはセラミックス表面を研磨する請求項1の超精密研磨加工方法。 20

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明はガスクラスターイオンビームによる超精密研磨加工方法に関するものである。さらに詳しくは、この発明は、超精密に固体表面の研磨加工を行うためのガスクラスターイオンビームによる超精密研磨加工方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術とその課題】従来より、各種の金型の表面仕上には、旋盤やフライス、研磨機等が用いられている。たとえば金属(A1, Cu, Bsp, Ni等)表面は、ダイヤモンドバイトによって研磨加工が可能である。そして、鉄および鉄系金属の場合にはダイヤモンドと反応して削れなくなるので、ダイヤモンド粉末入りの砥石が用いられている。

【0003】しかし、この工程は高コストであるばかりか、その面精度の向上には限界がある。また、従来、プラスチック成形用の金型については、多くの場合、金型材として鋼材(SUS系)を機械加工した後に最終工程で研磨加工を施している。この場合の研磨方法としては、全て機械的研磨方法であり、その研磨レベルは、金型の面精度で表すとRa=0.01μm程度である。しかしながら、このレベル程度の面精度では、光学顕微鏡での観察によって明らかに機械加工の加工線が確認でき、面仕上げのレベルとしては不充分な状況にある。

【0004】非球面の曲面形状を有する金型等では、金型加工の最終工程として人の手による研磨が施される例があるが、面の荒さ精度は向上するが、非球面の形状精度に悪影響を及ぼしてしまうという問題がある。精密な

光学プラスチック用金型では、鋼材の上にNiメッキを100~200μm付けた後にこのNiメッキ層を最終仕上げしているが、この場合には研磨精度の問題の他に、研磨時に形状が変化して精度が悪くなるという重大な問題が発生している。非球面の曲面プラスチック金型では特にこの点が指摘されている。

【0005】このような形状精度の問題は、研磨加工しにくい柔らかい金属(A1, Cu等)における機械加工の工程においても大きな問題となっている。ガラス基

板、セラミック基板の研磨加工では、通常のピッチ研磨加工やその他の研磨加工がよく行われているが、研磨後の面の凸凹は、なお問題として残っている。これらの面精度および形状精度の向上は、現在のところ困難であった。

【0006】この発明は、以上の通りの事情に鑑みてなされたものであって、従来技術の欠点を解消し、表面の面精度を大きく向上させ、モールド用金型の表面や、光学用金属ミラー、その他の光学用のガラス基板、さらにセラミック基板等の表面を超精密に研磨仕上げして、面粗さの非常に小さい平滑な面を得ることを可能とする、新しい超精密研磨加工方法を提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記の課題を解決するものとして、ガスクラスターイオンビームを照射して固体表面を研磨することを特徴とする超精密研磨加工方法を提供する。また、より具体的には、この発明は、ガスクラスターイオンビームを照射してプラスチックまたはガラスモールド用の金型表面を研磨する超精密研磨加工方法や、光学用金属ミラー、ガラス基板、セラミック基板等をもガスクラスターイオンビームにより研磨する超精密研磨加工方法を提供する。

## 【0008】

【作用】この発明は、上記の通りのガスクラスターイオンビームによって固体表面を研磨し、これまでの技術によっては到底不可能であった超精密な表面粗さのレベルを得るものである。ガスクラスターイオンビーム技術そのものは、この発明の発明者によってすでに提案されているものであるが、この技術を超精密研磨加工に適用することとはこの発明は初めて実現したものである。

【0009】より詳しく説明すると、まず、図1は、この発明を実施するのに用いられる精密研磨加工装置に構成を例示した模式図である。たとえばこの図1に例示したように、精密研磨加工装置は、ソースチャンバー排気ポンプ(11)とメインチャンバー排気ポンプ(12)とによって作動排気されるソースチャンバー(1)とメインチャンバー(2)の2つの真空室を有している。

【0010】ガスピンベ(3)より供給されたソースガスを、超音速でノズル(4)より噴出させることによって、断熱膨張によりガスクラスターを形成する。生成し

たクラスターはスキマー(5)を通過させ、ビーム形状を整えてイオン化部(7)に供給される。このイオン化部(7)では、フィラメント(6)による電子衝突によりイオン化される。この際に、加速部(8)において、電界によりクラスターは加速される。ガスクラスターイオンは、減速電界部(9)での減速電界によりクラスターの大きさが選別され、さらに加速部(13)において加速されて高電圧を印加した被加工物(10)へ照射される。被加工物(10)へ照射されたガスクラスターイオンは被加工物(10)との衝突で壊れ、その際クラスター構成原子または分子および被加工物構成原子または分子と多体衝突が生じ、被加工物(10)表面に対して水平方向への運動が顕著になり、その結果、被加工物(10)表面に対して横方向の切削が可能となる。さらに被加工物(10)表面を横方向に粒子が運動することにより、表面の凸部が主に削られ原子サイズでの平坦な超精密研磨が得られることになる。

【0011】導入するソースガスとしては、不活性ガス、たとえばアルゴンや、窒素ガス、酸素ガス等の他、化合物の炭酸ガス等、必要に応じて1種または2種以上のガスを単独あるいは混合して使用することができる。ソースガス圧力については、一般的にはこれを適宜に選択することができるが、この圧力を高くするとクラスターサイズが大きくなり、またクラスターの発生個数も大きくなるため研磨効果や効率を高めることができ。また、スキマーによりクラスターのビーム形状は例えば円形に整えることができる。さらに差動排気による加工室内を真空に保つためのコンダクタンスをもたせることもできる。

【0012】加速電圧は、これを高くすると、クラスターイオンの持つエネルギーが大きくなり、研磨効果を高めるが、適切な値を超えると研磨加工表面が粗くなる傾向になる。このため、被加工物との関係において適切に選択される。イオン化電圧が低い場合には、電子衝撃のための電子が十分に引き出されず、クラスターのイオン化が十分に起こらない。また、高すぎる場合にはイオン化が進みすぎ、クラスターがクーロン力で分割され、結果としてクラスター量が減少する。このため、イオン化電圧は、通常は、ガスの種類によっても異なるが、数10V~数100V程度とするのが好ましい。

【0013】クラスターサイズは減速電界により選別することが可能である。もちろん、サイズの異なるクラスターの他、クラスター状になってないモノマーイオンを単独に使用してもよいし、またクラスターとモノマーの混合照射を行ってもよい。これらの諸条件を適宜に選択して被加工物としての固体表面を超精密研磨する。この場合の被加工物は、その素材として金属、合金、ガラス、セラミックス等の任意のものであってよく、その種類はプラスチックまたはガラスモールド用金型、たとえばメガネレンズキャスト用金属表面や、光学用金属ミラ

一表面、ガラス基板やセラミックス基板等であってよい。

【0014】これら被加工物について、この発明の方法により、たとえば表面粗さは、原子レベルサイズにまで向上する。また、ガスクラスターイオンビームは、イオンの持つエネルギーが通常のイオンエッチングと異ってより低いため、被加工表面に損傷を与えることなく、所要の超精密研磨を可能とする。

【0015】なお、ガスクラスターイオンビームの被加工物表面への照射では、通常は、その表面に対して略垂直方向から照射するのが好ましい。ただ、曲面等の場合には、その表面状況に応じて斜め方向から照射してもよい。また、被加工物表面とクラスターイオン照射部との距離や加工表面範囲についても適宜に選択すればよい。この場合、ドーズ量の選択としても考慮される。

【0016】以下、実施例を示し、さらに詳しくこの発明を説明する。

【0017】

【実施例】

#### 20 実施例1

前記の精密研磨加工装置を用いて、機械加工により表面の粗さ  $R_a = 20 \text{ \AA}$  に仕上げたプラスチックモールド用ステンレス金型表面に、CO<sub>2</sub> クラスターイオンを、加速電圧 10 kV、クラスターサイズが 300 個以上、イオン電流 200 nA、ドーズ量  $1 \times 10^{16}$  個イオン/ $\text{cm}^2$  の条件で照射した。その結果、わずか 25 分の処理でプラスチックモールド用ステンレス金型の表面粗さは  $R_a = 8 \text{ \AA}$  に改善された。

【0018】実施例2

前記の精密研磨加工装置を用いて、機械加工により表面の粗さ  $R_a = 1000 \text{ \AA}$  に仕上げたミラー用鏡面銅表面に、CO<sub>2</sub> クラスターイオンを、加速電圧 31 kV、クラスターサイズ 300 個以上、イオン電流 380 pA、ドーズ量  $1 \times 10^{14}$  個イオン/ $\text{cm}^2$  の条件で照射した。その結果、ミラー用鏡面銅の表面粗さは、 $R_a = 100 \text{ \AA}$  以下に改善された。

【0019】実施例3

前記の精密研磨加工装置を用いて、機械加工により表面の粗さ  $R_a = 50 \text{ \AA}$  に仕上げたソーダライムガラスに、CO<sub>2</sub> クラスターイオンを、加速電圧 10 kV、クラスターサイズ 300 個以上、ドーズ量  $1 \times 10^{16}$  個イオン/ $\text{cm}^2$  の条件で照射した。その結果、青板ソーダガラスの表面粗さは、 $R_a = 20 \text{ \AA}$  以下に改善された。

【0020】実施例4

前記の精密研磨加工装置を用いて、機械加工により作製した表面の粗さ  $R_a = 20 \text{ \AA}$  の球面形状 ( $R = 10 + 0.1 \text{ mm}$ ) に加工した  $\phi 50 \text{ mm}$  プラスチックモールド用ステンレス金型表面に、CO<sub>2</sub> クラスターイオンを、加速電圧 10 kV、クラスターサイズ 300 個以上、ドーズ量  $1 \times 10^{16}$  個イオン/ $\text{cm}^2$  の条件で照射

した。その結果、表面粗さが  $R_a = 10 \text{ \AA}$  以下に改善された。このとき、処理前後で表面形状は変化がみられなかった。

#### 【0021】実施例5

前記の精密研磨加工装置を用いて、機械加工により図2にも示した表面の粗さ  $R_a = 6.1 \text{ \AA}$  に仕上げたソーダライムガラスに  $\text{CO}_2$  のモノマーのイオンを加速電圧  $10 \text{ kV}$ 、ドーズ量  $1 \times 10^{16} \text{ 個イオン/cm}^2$  の条件で照射した。その結果を図3に示した。青板ソーダガラスの表面粗さは、 $R_a = 6.2 \text{ \AA}$  となり、モノマーイオンの照射によっては表面粗さの改善は全くみられなかった。しかしながら、図2の表面の粗さ  $R_a = 6.1 \text{ \AA}$  の青板ソーダガラスに  $\text{CO}_2$  クラスターイオンを加速電圧  $10 \text{ kV}$ 、クラスターサイズ  $250$  個以上、ドーズ量  $1 \times 10^{16} \text{ 個イオン/cm}^2$  の条件で照射したところ、青板ソーダガラスの表面粗さは、 $R_a = 2.8 \text{ \AA}$  以下に改善された。図4は、そのAFM像を示したものである。この結果から、クラスターイオン照射の研磨効果は極めて大きいことがわかる。

#### 【0022】

【発明の効果】以上詳しく述べた通り、この発明によって、ガスクラスターイオンによる原子レベルでの超精密研磨が可能となり、しかもイオンの持つエネルギーが通常のイオンエッティングと異なってより低いため、低損傷での研磨が可能となる。

10 \* 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明で用いられる装置の構成を示す概略図である。

【図2】機械研磨後のソーダライムガラスの表面を示した図面に代わるAFM顕微鏡写真である。

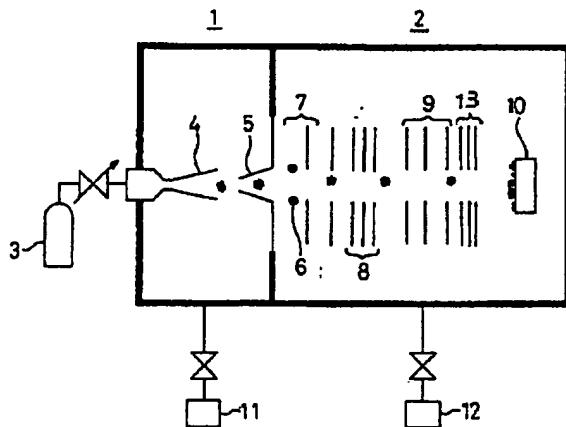
【図3】ガスモノマーイオンを照射した後のソーダライムガラスの表面を示した図面に代わるAFM顕微鏡写真である。

10 \* 【図4】ガスクラスターイオンを照射した後のソーダライムガラスの表面を示した図面に代わるAFM顕微鏡写真である。

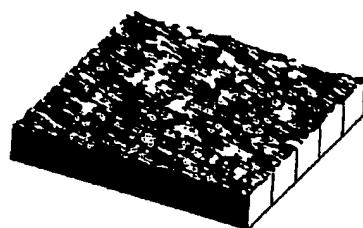
#### 【符号の説明】

- 1 ソースチャンバー
- 2 メインチャンバー
- 3 ガスボンベ
- 4 ノズル
- 5 スキマー
- 6 フィラメント
- 7 イオン化部
- 8 加速部
- 9 減速電界部
- 10 被加工物
- 11 ソースチャンバー排気ポンプ
- 12 メインチャンバー排気ポンプ
- 13 加速部

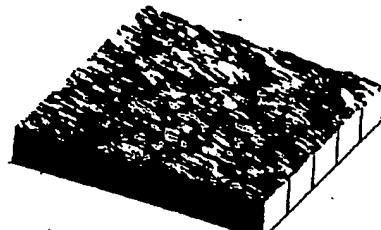
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

